

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06266853 A**

(43) Date of publication of application: **22.09.94**

(51) Int. Cl

G06F 15/72

(21) Application number: **05078964**

(22) Date of filing: **12.03.93**

(71) Applicant: **RICOH CO LTD**

(72) Inventor: **SHIRAISHI NAOHITO
FUJII TATSUYA
FUKUSHIMA MASANOBU
NAKAJIMA TATSUYA
IZAWA YASUHIRO**

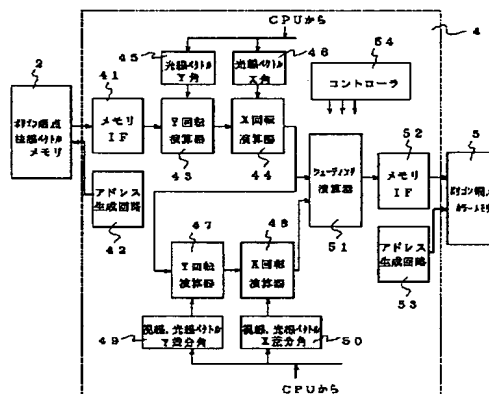
(54) **SHADING PROCESSING METHOD AND ITS
DEVICE**

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(57) Abstract:

PURPOSE: To execute the real time processing of shading by simple constitution.

CONSTITUTION: This shading processor is provided with computing elements 43, 44 for rotating a light beam vector around the normal of a polygon end point so as to align the vector to any one of x, y and z coordinate axes, computing elements 47, 48 for rotating a visual line vector only by a difference between the light beam direction and the visual line direction so as to align the vector to the coordinate axis and a shading computing element 51 for calculating the intensity of diffusely radiated light based upon the rotated light beam vector, calculating the intensity of mirror face reflected light based upon the rotation of the visual line vector and finding out the color values of R, G and B of the polygon based upon the intensity of diffusely radiated light and the intensity of mirror face reflected light to shade a polygon graphic.

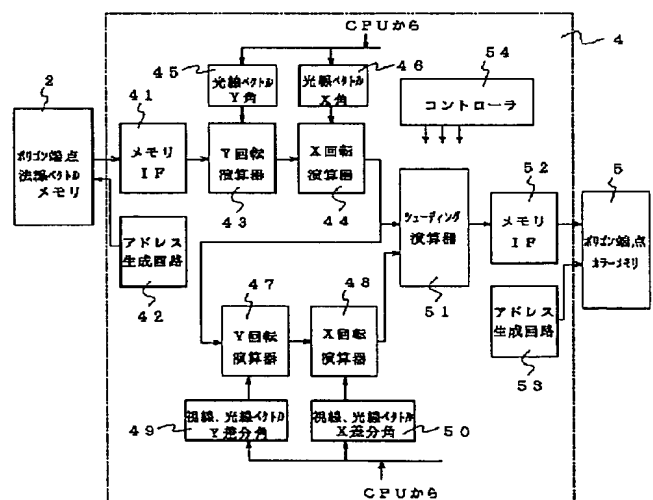


THIS PAGE BLANK (USPTO)

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成6年(1994)9月22日

技術表示箇所



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ポリゴン端点の法線に対して光線ベクトルを x, y, z のいずれかの座標軸に合わせるように回転させて拡散反射光強度を算出した後、光線方向と視線方向の差分量だけ視線ベクトルを座標軸に合わせるように回転させて鏡面反射光強度を算出し、ポリゴン図形に陰影を付けることを特徴とするシェーディング処理方法。

【請求項 2】 ポリゴン端点の法線に対して光線ベクトルを x, y, z のいずれかの座標軸に合わせるように回転する手段、この回転された光線ベクトルに基いて拡散放射光強度を算出する手段、光線方向と視線方向との差分を求める手段、この算出した差分だけ分視線ベクトルを座標軸に合わせるよう回転させる手段、視線ベクトルの回転に基いて鏡面反射光強度を算出する手段、前記拡散放射光強度及び鏡面反射光強度に基いて、ポリゴン図形に陰影を付ける手段、を具備してなるシェーディング処理装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【産業上の利用分野】 この発明は、立体を表現した 3 次元画像に陰影を付加し、立体の把握を容易にするシェーディング処理方法及びその装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】 C R T ディスプレイ等の 2 次元（平面）表示装置に 3 次元立体図形を透視変換処理、遠近処理等によって表示する場合に、表示された物体に自然な感じを与えるため光反射モデルに基づいて、陰影、すなわちシェーディング処理が行なわれている。

【 0 0 0 3 】 このシェーディングの手法としては、ビ・トウイング・フォング（B u i ・ T o u n g ・ P h o n g）のフォングシェーディングなどが知られている。

【 0 0 0 4 】 このフォングシェーディングは、次の数 1 式に基いて、図 6 に示すベクトルの関数に基いて視線方向の光の強さを算出するものである。

【 0 0 0 5 】

【数 1】

$$I = I_{amb} + \sum_i^{光源数} (I_{pi} k_d (\vec{N} \cdot \vec{L}_i) + I_{pi} k_s (\vec{E} \cdot \vec{R})^n \alpha_i)$$

ここで、

I : 視線方向の光の強さ、 I_{amb} : 環境光、 I_{pi} : 光源 i の光の強さ \vec{N} : 物体の法線ベクトル \vec{L} : 光源 i の光線ベクトル \vec{E} : 視線ベクトル \vec{R} : 反射光ベクトル である。

2

【 0 0 0 6 】 また、鏡面反射を無視したシェーディング手法として下記数 2 式に示すランバート（L a m b e r t）シェーディング手法がある。

【 0 0 0 7 】

【数 2】

$$I = \sum_i^{光源数} (I_{pi} k_d (\vec{N} \cdot \vec{L}_i))$$

ここで

 I_{pi} = 光源 i の光の強さ \vec{N} = 物体の法線ベクトル \vec{L} = 光源 i の光線ベクトル

である。

【 0 0 0 8 】 このアルゴリズムを適用する時には、光線ベクトル、面法線ベクトルを随時算出する必要があり、極めて高速に動作する大規模な専用ハードウェアを必要とする。

【 0 0 0 9 】 簡単な回路でランバートシェーディング手法を実現する装置が特開平 2 - 5 1 7 8 9 号公報（国際特許分類 G 0 6 F 1 5 / 7 2）に提案されている。

【 0 0 1 0 】 この装置は、物体の面法線をまず算出し、その後、物体の回転の逆回転を光線ベクトルにだけ行い、上記モデルによって陰影を付加するので、物体の回転に伴って法線ベクトルの再計算を行なう必要がなく、簡単な回路で高速動作を実現しようとするものである。

【 0 0 1 1 】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記装置は、ランバートモデルのように物体の面法線と光線ベクトルだけの関係にのみ成立し、フォングモデルのように鏡面反射を考慮すると、視線ベクトルと反射ベクトルも考慮しなければならぬリアルな画像を表現する場合には適用することができない。

【 0 0 1 2 】 また、光線ベクトルが移動した時に、その単位ベクトルを算出するためには、下記の数 3 式に示す複雑な演算を行なわなければならない。

【 0 0 1 3 】

【数 3】

10

20

30

3

$$L L = \sqrt{(E X - T X)^2 + (E Y - T Y)^2 + (E Z - T Z)^2}$$

$$E N X = E X / L L, E N Y = E Y / L L, E N Z = E Z / L L$$

ここで、 視点 : $E X, E Y, E Z$

目標点 : $T X, T Y, T Z$

視線ベクトル : $E N X, E N Y, E N Z$

【 0 0 1 4 】 この数 3 式に示すように、この演算は複雑である上に更に、平方根の高速化は困難である。また、光線ベクトルにおいても同様である。

【 0 0 1 5 】 このため、従来は光線方向、視線方向の変更をリアルタイムに行なうゲーム機器やフライトシミュレータ、ドライブシミュレータ等のように使用者のハンドル操作をリアルタイムに伝えられるシステムにおいては遅れを伴うという問題があった。

【 0 0 1 6 】 この発明は、上述した従来の問題点を解消するためになされたものにして、簡単な構成でシェーディングのリアルタイム処理が行なえる方法を提供することをその目的とする。

【 0 0 1 7 】

【課題を解決するための手段】 この発明は、ポリゴン法線ベクトルに対して、光線方向に X, Y, Z 回転を行なうことにより、光線ベクトルを $X, Y, Z = 0, 0, 1$ に固定し、 R, G, B 夫々の拡散反射強度を算出する。そして、光線ベクトルと視線ベクトルの差分だけ X, Y, Z 回転を行なうことにより、視線ベクトルを $X, Y, Z = 0, 0, 1$ に固定し、 R, G, B 夫々の鏡面反射強度を算出する。

【 0 0 1 8 】

【作用】 この発明は、視線、光線ベクトルを複雑な演算で算出する必要がなくなり、視線の変更、光線の変更をリアルタイムで行なうことが出来る。

【 0 0 1 9 】

【実施例】 以下、この発明の一実施例につき図面を参照して説明する。

【 0 0 2 0 】 図 1 は、この発明のシェーディング装置を用いた立体画像表示装置のブロック図、図 2 はこの発明のシェーディング装置の構成を示すブロック図である。

【 0 0 2 1 】 この装置は、例えば、レーシングゲームや飛行機の操縦シミュレーションなどのゲーム機器に用いて好適な一例が示されている。図 1 に従いこの発明のシェーディング装置を用いた立体画像表示装置の全体構成につき説明する。

【 0 0 2 2 】 この実施例においては、各種条件のシミュレーション画像を複数のポリゴン情報として、ポリゴン端点メモリ 1 に X, Y, Z 座標値として与えられる。

【 0 0 2 3 】 また、各ポリゴン端点の法線ベクトル値 ($A N X, A N Y, A N Z$) はポリゴン端点法線ベクトルメモリ 2 に格納されている。このベクトルメモリ 2 には、更に各ポリゴンのレッドの拡散反射係数 ($R k d$)、グリーンの拡散反射係数 ($G k d$)、ブルーの拡

4

散反射係数 ($B k d$) と各ポリゴンのレッドの鏡面反射係数 ($R k s$)、グリーンの鏡面反射係数 ($G k s$)、ブルーの鏡面反射係数 ($B k s$) 及びレッドの環境光値 ($R a m b i e n t$)、グリーンの環境光値 ($G a m b i e n t$)、ブルーの環境光値 ($B a m b i e n t$) を格納している。これら各データはこの発明の特徴とするところのシェーディング装置 4 に与えられる。

【 0 0 2 4 】 $C P U$ はあらゆる立体物を複数のポリゴンの集合体として表現し、このポリゴンの各端点を示す端点情報を読み出し、ハンドルアクセス等で構成された操作部 (図示しない) の操作内容に基づいて変換された電気信号に従いこの状況に応じた状況データを演算し、幾何変換装置 3 及びシェーディング装置 4 に夫々データを与える。

【 0 0 2 5 】 幾何変換装置 3 は、 $C P U$ からの命令に従い各種ポリゴンデータを参照しながら、ポリゴン端点メモリ 1 からデータを読み出し、ポリゴンの端点の値を視線方向に回転する視野変換、透視投影変換により各ポリゴンの端点座標を幾何変換視、その X, Y の 2 次元座標 ($S X, S Y$) をスクリーンメモリ 6 に与える。また、ポリゴン中心の視野変換された代表値即ち、そのポリゴンの視点からの距離の代表値 (Z 値) を決定し、そのデータをスクリーンメモリ 6 に与える。シェーディング装置 4 は、ベクトルメモリ 2 より読み出したポリゴン端点の法線ベクトル値に対して図 4 及び図 5 に示すフローチャートに従って処理を行ない、ポリゴン端点の色を算出し、このポリゴン端点の色をポリゴン端点カラーメモリ 5 に与える。このシェーディング装置 4 の詳細については後述する。

【 0 0 2 6 】 描画処理装置 7 はスクリーン画面の Y 方向に分割された処理領域に含まれるポリゴンに対してスクリーンメモリ 6 及びカラーメモリ 5 より端点情報を読み出して $C R T$ 9 が必要とするスキャンラインにかかるポリゴンをビットマップ上に描画し、そのデータをフレームメモリ 8 に与える。

【 0 0 2 7 】 次にこの発明のシェーディング装置 4 につき図 2 を参照して更に説明する。シェーディング装置 4 は、ベクトルメモリ 2 から、法線ベクトル値、拡散反射係数、鏡面反射係数、環境光値を夫々読み出し、読み出された各データはメモリインターフェース 4 1 に一旦格納される。ベクトルメモリ 2 のアクセスは、アドレス生成回路 4 2 にて生成されたアドレスによって行なわれ、メモリより夫々データが読み出される。

【 0 0 2 8 】 メモリインターフェース 4 1 に格納された

50

データは、まず Y 回転演算器 4 3 に与えられる。この Y 回転演算器 4 3 は、図 3 (a) に示すように、物体の回転に基づいて CPU から与えられる光線ベクトルと Y 軸との角度 (LYO) だけ法線ベクトルを回転させる。この CPU から光線ベクトルの Y 軸との角度 LYO 値はレジスタ 4 5 に与えられる。

【0029】続いて、Y 回転演算器 4 3 にて回転移動したデータが X 回転演算器 4 4 に与えられる。X 回転演算器 4 4 は CPU から与えられる光線ベクトルと X 軸との角度 (LXO) だけ法線ベクトルを回転させる。この CPU から光線ベクトルと X 軸と角度 (LXO) はレジスタ 4 6 に与えられている。これら演算処理されたデータは図 3 (b) に示すように、ベクトルが移動される

【0030】そして、X 回転演算器 4 4 にて演算処理されたデータは Y 回転演算器 4 7 に与えられる。この Y 回転演算器 4 7 は、光線ベクトル LX, LY, LZ = 0, 0, 1 に対して、X 回転演算器 4 4 の処理結果を視線、光線ベクトルの差分量 (DEYO) だけ回転処理を行なう。この差分量は $DEYO = EYO - LYO$ にて求められる。この演算は CPU にて行なわれ、CPU よりレジスタ 4 9 に与えられる。Y 回転演算器 4 7 にて処理した処理結果が X 回転演算器 4 8 に与えられる。

【0031】X 回転演算器 4 8 は、視線、光線ベクトルの差分量 (DEXO) だけ回転処理を行なう。この差分量は $DEXO = EXO - LXO$ にて求められる。この演算は CPU にて行なわれ、CPU よりレジスタ 5 0 に与えられる。

【0032】そして、X 回転演算器 4 4 の処理結果と、X 回転演算器 4 8 の処理結果がシェーディング演算器 5 1 に与えられる。シェーディング演算器は、X 回転演算器 4 4 の処理結果と X 回転演算器 4 8 の処理結果に対して、R, G, B の拡散反射係数、鏡面反射係数、環境光値により、色値を求める演算を行ない、この算出した色値をメモリアンタフェース 5 2 に出力する。

【0033】メモリアンタフェース 5 2 に格納された色値は、アドレス生成回路 5 3 にて生成されたアドレス値にて指定されたポリゴン端点カラーメモリ 5 の領域に格納される。

【0034】これら各演算器はコントローラ 5 4 により制御され、コントローラ 5 4 は図 4 及び図 5 に示すフローチャートに従って動作する。

【0035】次に、この発明の動作を図 4、図 5 のフローチャートに基づいて、更に説明する。

【0036】シェーディング動作を開始すると、まず、図 3 (a) に示すように、光線ベクトルと各座標軸との間の角度 LXO, LYO, LZO 及び視線ベクトルと各座標軸との間の角度 EXO, EYO, EZO が CPU より入力され、レジスタ 4 5, 4 6 に入力される (ステップ S 1)。そして、続いて、光線ベクトル、視線ベクトルの差分 DEXO, DEYO を算出し、レジスタ 4 9, 50

レジスタ 5 0 に夫々格納される (ステップ S 2)。

【0037】続いて、R, G, B の拡散反射係数 (Rkd, Gkd, Bkd) 及び鏡面反射係数 (Rks, Gks, Bks) が入力され (ステップ S 3)、更に、ポリゴン端点の法線ベクトル (ANX, ANY, ANZ) が入力される (ステップ S 4)。そして、法線ベクトルを夫々入替えた後 (ステップ S 5)、X 回転演算器 4 4、Y 回転演算器 4 3、ポリゴン端点、法線ベクトル (NX, NY, NZ) を光線ベクトルを X, Y, Z = 0, 0, 1 になるよう LXO 回転処理 (ステップ S 6)、LYO 回転 (ステップ S 7) 処理を行なう。図 3 (a) はこの回転処理前を図 3 (b) は回転後を示す。

【0038】この処理により、従来、法線ベクトルに夫々光源ベクトルを積算する処理が必要であったのが、LNX, LNY, LNZ = 0, 0, 1 で固定されるため、ステップ S 8 に示すように内部係数 (INNER) = -NZ, LX = 0, LY = 0, LZ = -1 に設定することができる。

【0039】この内部係数を用いて、シェーディング演算器 1 にて、回転後の R, G, B の拡散反射強度を算出する。すなわち、R, G, B の拡散反射強度に夫々 INNER = -NZ、すなわち、-NZ を積算し、R, G, B の拡散反射強度を算出する (ステップ S 9)。続いて、Y 回転演算器 4 7、X 回転演算器 4 8 にて、光線ベクトル LX, LY, LZ を 0, 0, 1 とする回転処理として、光線ベクトル、法線ベクトルの差分の角度だけ回転処理を行なう (ステップ S 10, S 11)。図 3 (b) がこの回転処理前であり、(c) は回転後である。

【0040】この処理により、従来、前述した INNER と法線ベクトルの類算値と光線ベクトルを引算した結果を視線ベクトルとを積算処理するという複雑な処理を必要としていたのに対し、ステップ S 12 に示すように簡略される。すなわち、ENX, ENY, ENZ = 0, 0, 1 に固定されるため、第 2 内部係数 (INNER 2) が $INNER 2 = LZ - 2 \times NZ \times INNER$ で算出できる。

【0041】この第 2 内部係数を用いて、シェーディング演算器 5 1 にて、回転後の R, G, B の鏡面反射強度に第 2 内部係数を夫々積算することで、R, G, B の鏡面反射強度を算出する (ステップ S 13)。

【0042】続いて、ステップ S 14 において、シェーディング演算器 5 1 は回転後の拡散反射強度、同じく鏡面反射強度及び環境光値を加算して、R, G, B の色を算出し、その R, G, B データをメモリアンタフェース 5 2 に出力する。

【0043】そして、ステップ S 15 にて、R, G, B データをカラーメモリ 5 に書き込み、ステップ S 16 にて、ポリゴンの全てのポリゴン端点の処理が終了したか否かを判断され、処理していない場合には、前述のステッ

7

8

プ S 3 に戻り、前述の動作を繰り返す。また、処理が終了すると、ステップ S 1 7 に進み、ステップ S 1 7 にて、全てのポリゴンの処理が終了したか否か判断され、処理が終了していない場合には、ステップ S 4 に戻り、前述の動作を繰り返す。ステップ S 1 7 にて、処理が終了したと判断されると、このシェーディング処理が終了する。

【 0 0 4 4 】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、視線、光線ベクトルを複雑な演算で算出する必要がなくなり、視線の変更、光線の変更をリアルタイムで行なうことが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明のシェーディング装置を用いた立体画像表示装置を示すブロック図である。

【図 2】この発明のシェーディング装置を示すブロック図である。

【図 3】座標軸と視線ベクトル及び光線ベクトルとの関係を示す模式図であり、(a) は回転処理前、(b) はこの発明により光線ベクトルに回転処理を施した状態、(c) はこの発明により視線ベクトルに回転処理を施した状態を示す。

【図 4】この発明の動作を示すフローチャートである。

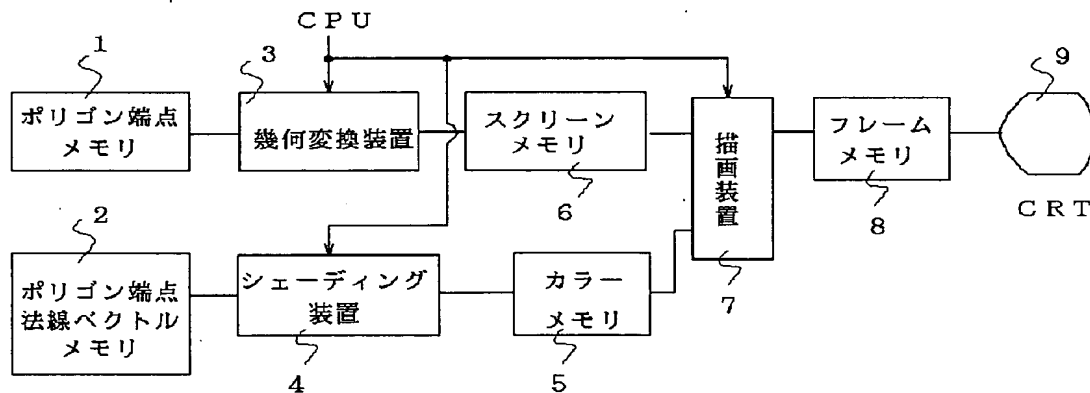
【図 5】この発明の動作を示すフローチャートである。

【図 6】フォングシェーディングのベクトルの関係を示す模式図である。

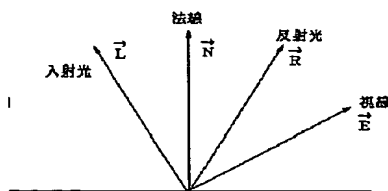
【符号の説明】

- 1 ポリゴン端点メモリ
- 2 ポリゴン端点法線ベクトルメモリ
- 4 シェーディング装置
- 5 ポリゴン端点カラーメモリ
- 4 3, 4 7 Y 回転演算器
- 4 4, 4 8 X 回転演算器
- 5 1 シェーディング演算器

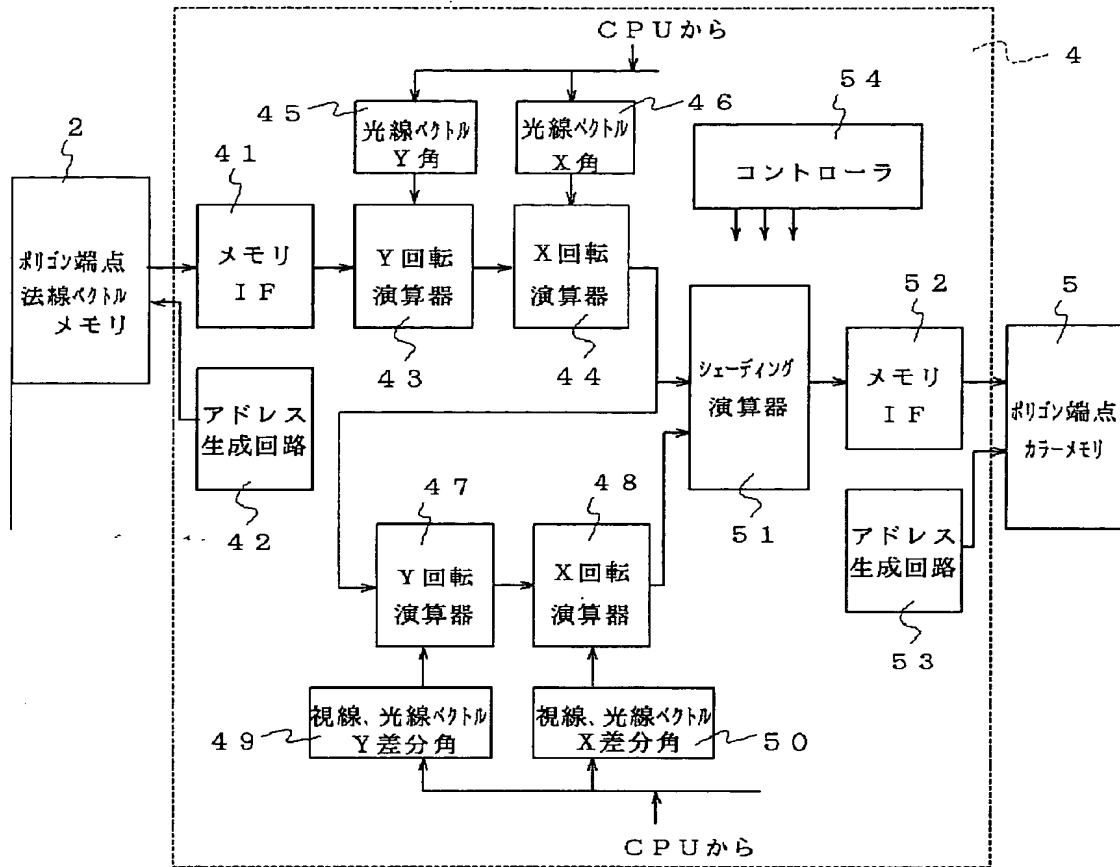
【図 1】



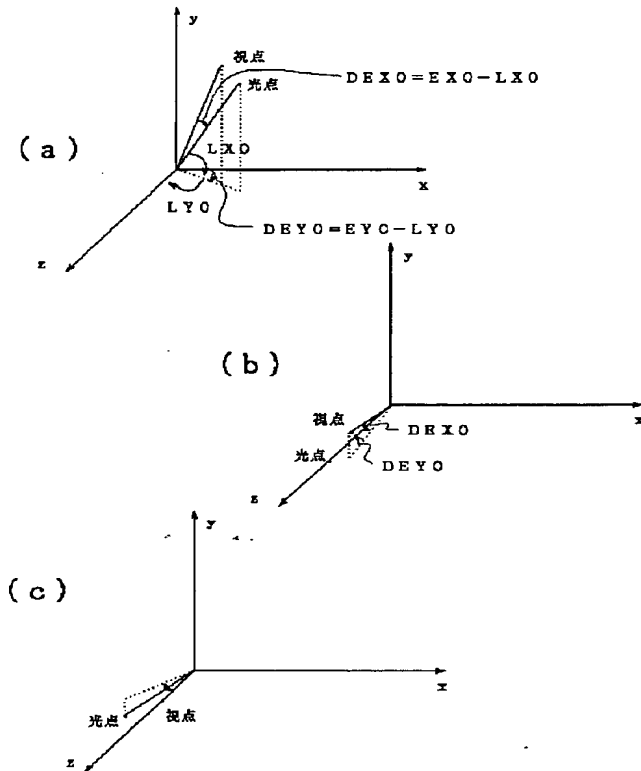
【図 6】



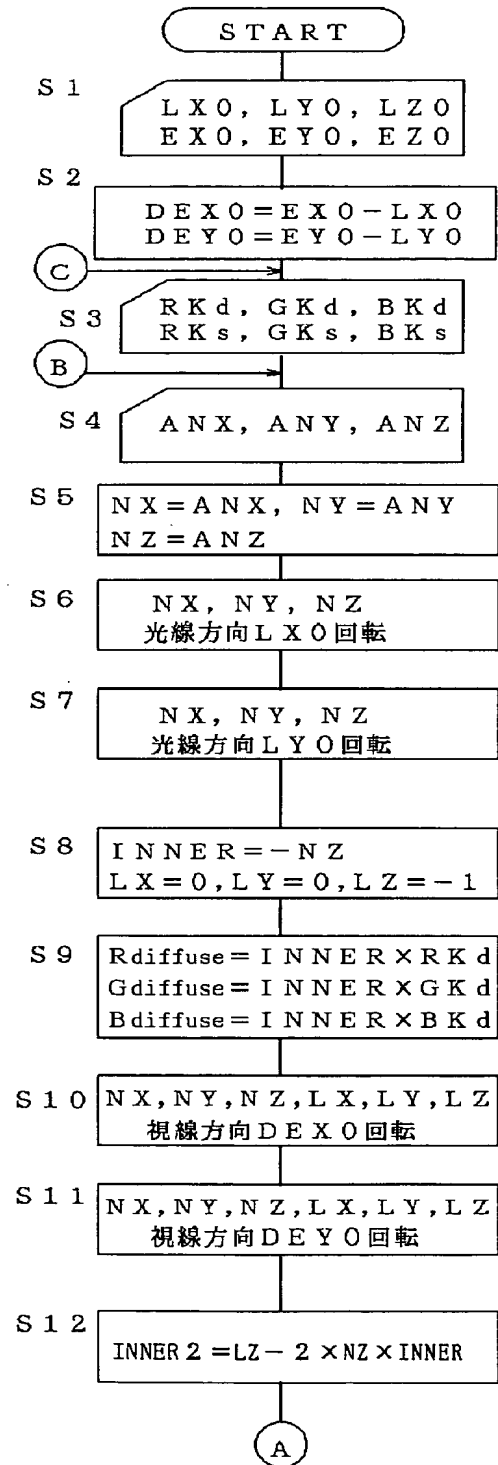
【図 2】



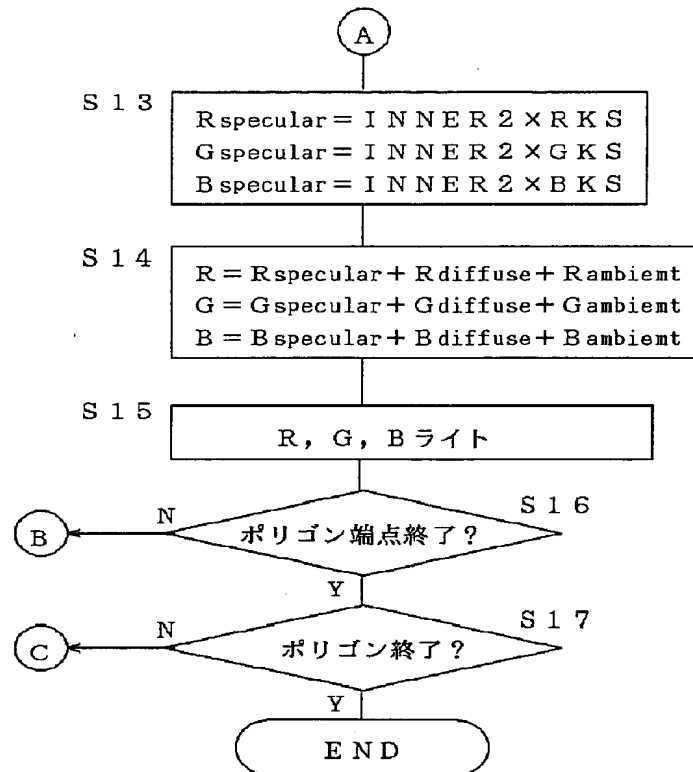
【圖 3】



【圖 4】



【図 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 中島 達也
東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式
会社リコー内
- (72)発明者 井澤 康浩
東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式
会社リコー内